

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
11 DE 3508456 C2

51 Int. Cl. 4:
H01L 25/04
H 01 L 23/02
H 01 L 23/36
H 05 K 7/20

21 Aktenzeichen: P 35 08 456.1-33
22 Anmeldetag: 9. 3. 85
43 Offenlegungstag: 11. 9. 86
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 8. 1. 87

DE 3508456 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Brown, Boveri & Cie AG, 6800 Mannheim, DE

72 Erfinder:
Weßjohann, Hans Georg, Dipl.-Phys. Dr., 6800
Mannheim, DE; Hahn, Bertold, 6840 Lampertheim,
DE; Schweflinghaus, Ernst, 6730 Neustadt, DE

56 Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-PS 26 41 032
DE-OS 33 23 246
DE-OS 32 32 184
DE-OS 32 31 154
DE-OS 32 04 683
DE-OS 31 42 876
DE-OS 30 28 178
DE-OS 30 05 313
DE-OS 29 42 401
DE-OS 27 28 564
DE-OS 27 28 313
DE-OS 22 46 731
DE-GM 81 12 609
US 40 91 232
US 28 94 077
EP 1 08 646

US-Z: Western Electric. Techn., Digest, No. 64,
Oct. 81, S. 5;

54 Leistungshalbleitermodul und Verfahren zur Herstellung eines solchen Moduls

DE 3508456 C2

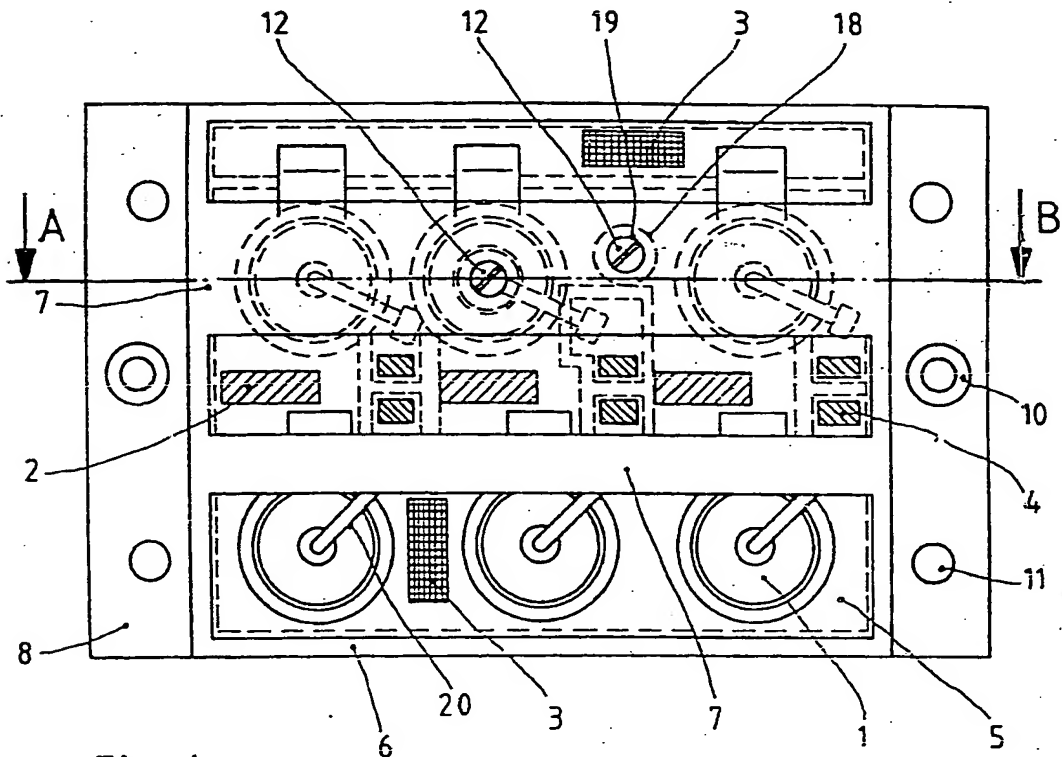


Fig 1

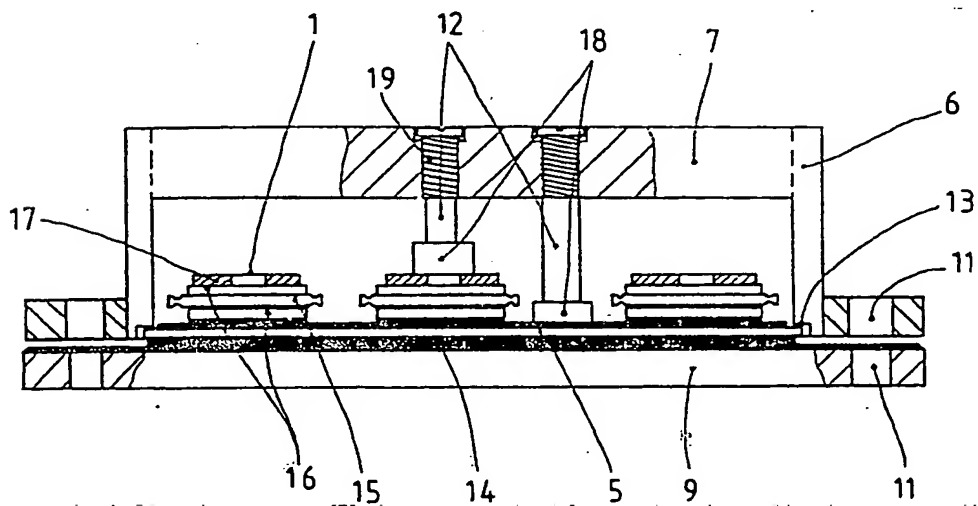


Fig 2

Patentansprüche

1. Leistungshalbleitermodul bestehend aus einem beidseitig metallisierten Keramiksubstrat, das auf der Oberseite mit Bauelementen bestückt ist und in ein Kunststoffgehäuse eingesetzt ist und das Modul mit dem metallisierten Keramiksubstrat als Auflage zur Montage auf einer wärmeableitenden Unterlage vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Metallisierungen des Substrats (5) so gewählt sind, daß das metallisierte Keramiksubstrat (5) für sich genommen bei Erwärmung eine leichte, zu einer Oberseite gerichtete Verwölbung aufweist, daß in das Kunststoffgehäuse (6) mindestens eine Justierschraube (12) eingesetzt ist, die auf das Keramiksubstrat (5) oder ein Bauelement (1) drückt, und die Justierschraube (12) so eingestellt ist, daß bei dem unmontierten Leistungshalbleitermodul bei Betriebstemperatur eine geringfügige Wölbung des metallisierten Keramiksubstrates (5) nach unten vorhanden ist.
2. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an den Stellen des Keramiksubstrats (5) bzw. der Bauelemente (1), an denen eine Justierschraube (12) angreift, Zwischenstücke (18) aus Kunststoff vorgesehen sind.
3. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Unterseite des Moduls eine Metallplatte (9) angebracht ist.
4. Verfahren zur Herstellung eines Leistungshalbleitermoduls nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei zunächst ein Substrat, das auf der Oberseite mit einer strukturierten, und auf der Unterseite ganzflächigen Metallisierung versehen ist, auf der Oberseite mit Bauelementen bestückt, verlötet und in ein Kunststoffgehäuse eingeklebt wird, gekennzeichnet durch nachstehende weitere Verfahrensschritte:

- a) das soweit hergestellte Modul wird auf einen Justierrahmen gespannt, der in einem Bereich unterhalb des Substrats eine Ausfräsung von 10 µm Tiefe hat, und wird auf Betriebsspannung aufgeheizt, wobei sich das Modul aufgrund entsprechend gewählter Dicken der Metallisierungen etwas zum Inneren des Moduls hin wölbt;
- b) in das Kunststoffgehäuse wird an mindestens einer dafür vorgesehenen Stelle eine Justierschraube eingeschraubt und angezogen, die — ggf. über ein Zwischenstück — auf ein Bauelement oder auf das Substrat drückt, wodurch sich eine der Ausfräsung des Justierrahmens entsprechende geringfügige Wölbung des Substrats nach außen einstellt;
- c) anschließend wird das Modul durch eine Öffnung im Modulgehäuse zuerst bis etwa zur Oberkante der Bauelemente mit einer Weichvergußmasse und dann mit einer Hartvergußmasse vollständig vergossen.

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Leistungshalbleitermodul nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie auf ein Verfahren zur Herstellung des Moduls. Solche Leistungshalbleitermodule sind aus der DE-OS 33 23 246 bekannt und finden in der Stromrichtertechnik Anwendung.

Bei derartigen Leistungshalbleitermodulen muß die entstehende Verlustwärme über die Bodenfläche des Moduls abgeführt werden zu einem Kühlkörper. Deshalb muß für einen guten Wärmekontakt und eine großflächige Auflage des Moduls auf dem Kühlkörper gesorgt werden.

Das aus der DE-OS 33 23 246 bekannte Modul weist ein Kunststoffgehäuse mit einem als Bodenfläche eingesetzten Keramiksubstrat auf. Infolge unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten der auf das Keramiksubstrat aufgelöteten Halbleitersandwichs kann es zu einer Wölbung des Keramiksubstrats nach oben, d. h. zum Modulinneren hin, kommen. Dem wird bei dem bekannten Modul durch an die Innenwand oder an Verstrebungen des Kunststoffgehäuses angeformte Abstützungen entgegengewirkt, die auf das Keramiksubstrat drücken. Allerdings erlaubt diese Lösung keine Einstellung des Drucks auf das Keramiksubstrat.

Aus der DE-OS 30 28 178 ist ein Modul mit einer kleinen keramischen Grundplatte und mit einem zentralen Befestigungsteil bekannt. Das zentrale Befestigungsteil ist über Speichen mit einem Gehäuse verbunden und das Modul ist vergossen. Mit diesen Maßnahmen wird erreicht, daß ein von einer Befestigungsschraube erzeugter Druck gleichmäßig auf die keramische Grundplatte übertragen wird. Bei Modulen mit größeren Grundflächen ist die Wirksamkeit dieser Maßnahmen jedoch verringert und bei Modulen mit einer Befestigung über außenliegende Flansche ist kein zentrales Befestigungsteil vorhanden.

Weiterhin ist aus der DE-OS 29 42 401 ein Stromrichtermodule bekannt, bei dem Halbleiterkörper über Schrauben- und Federsysteme innerhalb des Modulgehäuses elektrisch kontaktiert sind und dabei auch einen wärmeleitenden Kontakt mit dem Gehäuseboden bewirken. Solche Module weisen eine dicke metallische Bodenplatte auf, in die Schrauben eingesetzt sind, die über ein Joch und eine Feder auf den Halbleiterkörper drücken. Eine weitere Lösung zur Herstellung eines Druckkontaktes zwischen Halbleiterkörper und einem Gehäuse mit Hilfe eines Tellerfederstapels ist aus der DE-PS 26 41 032 bekannt. Derartige Lösungen sind jedoch nicht ohne weiteres auf Module in Lötkontakttechnik und dabei auftretende Verformungen der dünnen Keramikbodenplatte übertragbar.

Schließlich ist aus der EP-OS 01 08 646 ein Verfahren zum Herstellen bzw. zum Vergießen eines Moduls bekannt, wobei durch Druck auf einen aus dem Modul herausragenden Anschlußblock, welcher seinerseits über ein Federelement und zwei Halbleiterschleiben auf eine Grundplatte drückt, die Grundplatte in eine plane Lage gebracht wird, so daß sie auf der ebenen Fläche der Gießform anliegt. Damit wird zwar erreicht, daß das Modul sich während des Vergießens nicht verzieht, es ist jedoch nicht sichergestellt, daß das Modul nach der Montage auf einen Kühlkörper und auch bei Betriebstemperatur großflächigen Kontakt mit dem Kühlkörper beibehält.

Ausgehend von dem aus der DE-OS 33 23 246 bekannten Modul liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Auflage und damit die Wärmeableitung von dem metallisierten Keramiksubstrat des gattungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls zu der zur Wärmeableitung vorgesehenen Metallplatte bzw. dem Kühlkörper zu verbessern.

Diese Aufgabe wird bei einem Modul gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 durch die kennzeichnen-

den Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in Unteransprüchen angegeben. Außerdem gibt Anspruch 4 ein Verfahren zur Herstellung des Moduls an.

Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, daß die Anforderungen an die Maßhaltigkeit des Kunststoffgehäuses geringer sein können als bei Abstützungen, die an das Gehäuse angeformt sind und unveränderlich sind. Auch nach der Erwärmung des Moduls ist — durch die eingestellte leichte Wölbung des Keramikbodens nach außen — ein großflächiger Wärmekontakt zu einem Kühlkörper gegeben. Weitere Vorteile ergeben sich aus dem nachstehenden Ausführungsbeispiel, das anhand der Zeichnung erläutert wird.

Es zeigt

Fig. 1 Draufsicht auf ein unvergossenes Modul,
Fig. 2 Schnitt durch eine Ebene A-B des Moduls.

In Fig. 1 ist eine Sicht auf ein noch unvergossenes Modul mit Bauelementen, z. B. Thyristoren 1, für eine vollgesteuerte Drehstrombrückenschaltung dargestellt. Die Thyristoren 1 sowie Wechselspannungsanschlüsse 2, Gleichspannungsanschlüsse 3 und Gateanschlüsse 4 sind auf ein Keramiksubstrat 5 mit Weichlot aufgelötet. Das Substrat 5 besteht aus einer Keramikplatte mit beidseitig im Direct-Bonding-Verfahren aufgebracht Kupferfolie, wobei die Oberseite entsprechend der zu realisierenden Schaltung strukturiert ist. Das Substrat 5 mit den darauf angeordneten Thyristoren 1 ist in einen rahmenförmigen Kunststoffgehäuse 6 eingesetzt, das Verstrebungen 7 aufweist. Das Kunststoffgehäuse 6 hat außen Anformungen 8 und ist auf einer Metallbodenplatte 9 (in Fig. 1 nicht sichtbar, da unter dem Gehäuse 6 und dem Substrat 5 liegend) befestigt, z. B. mit Nieten 10 im Bereich der Anformungen 8. Die Anformungen 8 und die Bodenplatte 9 weisen außerdem Befestigungslöcher 11 auf. Im Bereich der Verstrebungen 7 sind Gewindebohrungen 19 vorgesehen für Justierschrauben 12. Die Justierschrauben 12 drücken auf Zwischenstücke 18 aus Kunststoff (z. B. glasmattenverstärktes Duroplast), die auf das Substrat 5 oder auf ein Bauelement, z. B. einen Thyristor 1, aufgeklebt sind. Zwischenstücke 18, die auf einen Thyristor 1 bzw. auf einer Kupferrolle 17 angeordnet sind, weisen einen Schlitz auf zur Durchführung eines Anschlußbügels 20 zum Thyristorgate. Anzahl und Verteilung der Justierschrauben 12 können je nach den Erfordernissen gewählt werden.

In Fig. 2 ist ein Schnitt durch die in Fig. 1 eingezeichnete Ebene A-B dargestellt. Daraus ist zu ersehen, wie das Substrat 5 in das Kunststoffgehäuse 6 eingesetzt ist. Das Substrat 5 liegt auf Ausnehmungen 13 am Rand des Gehäuses 6 auf und ragt maximal 0,1 mm über den unteren Rand des Gehäuses 6 hinaus. Unterhalb des Substrats 5 und des Gehäuses 6 ist die Metallplatte 9 mittels einer elastischen klebenden Wärmeleitpaste 14 angeklebt. Bei der Metallplatte 9 handelt es sich zweckmäßig um eine Aluminiumplatte mit etwa 5 mm Dicke.

Aus dem Schnittbild in Fig. 2 ist außerdem der sandwichartige Aufbau der Thyristoren 1 zu ersehen. Dabei ist jeweils über und unter einer Siliziumscheibe 15 eine Molybdänrolle 16 angeordnet. Die untere Molybdänrolle 16 ist auf das Substrat 5 aufgelötet und auf die obere Molybdänrolle 16 ist eine Kupferrolle 17 aufgelötet.

Schließlich ist aus Fig. 2 eine beispielhafte Anordnung der erfindungswesentlichen Justierschrauben 12 dargestellt, die über Zwischenstücke 18 einmal auf einen Thyristor 1 und einmal auf das Substrat 5 drücken.

Die Herstellung des Moduls kann in nachstehenden

Arbeitsschritten erfolgen.

Das mit aufgelöteten Thyristoren 1 und Anschlüssen 2, 3, 4 sowie aufgeklebten Zwischenstücken 18 versehene Substrat 5 wird in das Gehäuse 5 eingeklebt. An den zur Justierung vorgesehenen Stellen sind die Verstrebungen 7 des Gehäuses 6 mit Gewindebohrungen 19 versehen. Durch entsprechende Wahl der Dicken der Metallisierungen auf dem Substrat ist dafür gesorgt, daß eine leichte Verwölbung durch Wärmeeinwirkung zum Gehäuseinneren hin eintritt.

Das so gebildete Modul wird nun auf einen Justierahmen aufgespannt und auf Betriebstemperatur aufgeheizt. Der Justierahmen hat im Bereich unterhalb des Substrats 5 eine Ausfräsung von etwa 10 µm Tiefe.

Durch die Erwärmung wölbt sich das Substrat 5 etwas zum Inneren des Moduls. In die Bohrungen 19 werden Justierschrauben 12 aus Stahl eingeschraubt und angezogen. Das Substrat 5 erhält dadurch eine der Ausfräsung des Justierahmens entsprechende geringfügige Wölbung nach außen. Durch diese Justierung übt das Modul nach der späteren Montage auf einen Kühlkörper einen für den Wärmetransport zweckmäßigen Anpreßdruck aus.

Anschließend wird das oben offene Modul zuerst mit einer Weichvergußmasse (z. B. Silikon) teilweise ausgegossen (bis zur Oberkante der Thyristoren 1 oder sonstiger Bauelemente) und dann vollständig vergossen mit einer Hartvergußmasse (z. B. Araldit) und ausgehärtet.

Das Modul kann in dieser Ausführung ausgeliefert werden oder vor der Auslieferung noch mit der Metallbodenplatte 9 verklebt werden zur Erhöhung der mechanischen Festigkeit. Als Klebemittel wird eine Wärmeleitplatte 14 verwendet.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen